



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 198 29 150 A 1

51 Int. Cl. 7:
B 60 R 16/04

21 Aktenzeichen: 198 29 150.7
22 Anmeldetag: 30. 6. 1998
43 Offenlegungstag: 13. 1. 2000

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Bertram, Torsten, Dr., 40547 Düsseldorf, DE;
Schmucker, Clemens, 70806 Kornwestheim, DE;
Maier-Landgrebe, Rolf, Dr., 71394 Kernen, DE;
Baumann, Torsten, 74252 Massenbachhausen, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 39 39 068 C2
DE 39 36 638 C1
DE 1 95 45 922 A1
DE 1 95 14 738 A1
DE 44 45 647 A1

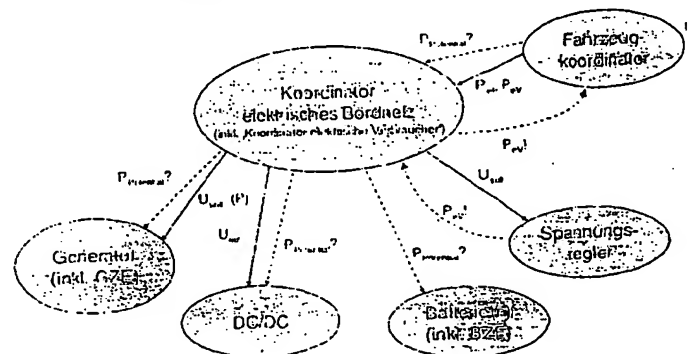
MICHELS, Schmedes: Einfluß des Generators auf den Kraftstoffverbrauch, In: MTZ Motor-technische Zeitschrift 56 (1995), 12 S. 728-733;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Energieverteilung in einem Kraftfahrzeug

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Energieverteilung in einem Kraftfahrzeug vorgeschlagen, welches wenigstens eine Batterie und wenigstens einen Generator aufweist. Dabei wird eine hierarchische Steuerstruktur eingesetzt, die aus einer übergeordneten Komponente und diesem untergeordneten Komponenten zur Steuerung des wenigstens einen Generators und der wenigstens einen Batterie besteht. Zwischen der übergeordneten und den untergeordneten Komponenten sind vorgegebene Schnittstellen mit vorgegebenen Kommunikationsbeziehungen vorhanden. Als Kommunikationsbeziehungen sind Aufträge, die von der beauftragten Komponente erfüllt werden müssen, Anforderungen, die von der angeforderten Komponente erfüllt werden sollten und Abfragen sind, die von der abgefragten Komponente beantwortet werden müssen, vorgegeben, wobei zwischen der Komponente des wenigstens einen Generators und der übergeordneten Komponente als Auftrag die einzustellende Leistung bzw. Spannung, als Abfrage das Potential zur Leistungserzeugung des Generators übermittelt wird, zwischen der Komponente der wenigstens einen Batterie und der übergeordneten Komponente als Abfrage das elektrische Leistungspotential der Batterie übermittelt wird.



DE 198 29 150 A 1

DE 198 29 150 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Energieverteilung in einem Kraftfahrzeug.

Bei bekannten Steuerungen von Kraftfahrzeugkomponenten ist die Software nach Funktionen strukturiert. Dabei besteht die Möglichkeit, daß verschiedene Funktionen auf die gleichen Stellglieder zugreifen. Eine Austauschbarkeit von Softwareteilen ist nur mit erheblichem Aufwand möglich. Eine modulare Entwicklung wird nicht unterstützt.

Um diese Situation zu verbessern, wird beispielsweise in der DE-A-41 11 023 (US-Patent 5.351.776) ein Steuerungsverfahren bzw. eine Steuervorrichtung beschrieben, die eine Steuerung des Gesamtfahrzeugs erlaubt und die eine hierarchische Auftragsstruktur für die Steueraufgaben aufweist. Die dort beschriebene Steuerungsstruktur umfaßt Koordinationselemente, welche einen aus einer höheren Hierarchieebene ausgehenden Befehl in Befehle für Elemente einer nachgeordneten Hierarchieebene umsetzen. Die Inhalte der von oben nach unten in der Hierarchiestruktur weitergegebenen Befehle stellen physikalische Größen dar, die die Schnittstellen zwischen den einzelnen Hierarchieebenen bestimmen. Die beschriebenen Schnittstellen orientieren sich dabei an den physikalischen Gegebenheiten der Fahrzeugbewegung, insbesondere des Antriebsstrangs und der Bremse. Eine darüber hinaus gehende Betrachtung einer Fahrzeugsteuerung unter Berücksichtigung der Energieverteilung im Bordnetz wird nicht beschrieben.

Die installierte elektrische Leistung kann in einigen Fällen in der Zukunft 15 kW übersteigen. Im "worst case" sind 7 kW elektrische Dauerleistung möglich (entspricht der denkbaren Verbraucherkombination mit maximaler Leistung der einzelnen Verbraucher im Normalbetrieb). Durch zusätzliche Betätigung von Kurzzeitverbrauchern kann dieser Wert auf über 10 kW steigen. Bei gleichzeitigem Einschalten von Elektromotoren und/oder Glühlampen, entsteht ein zusätzlicher nicht vernachlässigbarer Leistungspeak, verursacht durch Anlaufströme.

Diese Zahlenwerte verdeutlichen die Anforderungen an ein zukünftiges Bordnetz sowie an ein Steuersystem für ein solches Bordnetz. Batterie(n) und Generator sind so auszulegen, daß das Fahrzeug jederzeit verfügbar ist. Dies bedeutet, daß die elektrische Leistungsbilanz im Mittel ausgeglichen sein muß, mit der Randbedingung, daß der Batterieladestand einen kritischen Wert nicht unterschreiten darf, um jederzeit einen Motorstart zu ermöglichen. Die spezifizierten Spannungsgrenzen dürfen nicht unter- bzw. überschritten werden, um Verbraucherausfälle (z. B. Steuergeräteausfall durch Unterspannung) zu vermeiden. Zukünftige Antriebskonzepte wie Start-Stop-Systeme oder Schwungnutzsysteme verschärfen die Anforderungen an das Bordnetz weiter, da bei Motorstop ein motorgekoppelter Generator keine Leistung erzeugt.

Die Erzeugung von elektrischer Leistung hat auch Auswirkungen auf den Kraftstoffbedarf eines Fahrzeugs. Die Erzeugung von 100 W elektrischer Leistung erhöht den Kraftstoffbedarf um ca. 0,17 l/100 km. Eine Gewichtserhöhung des Fahrzeugs um 50 kg verursacht den gleichen Mehrverbrauch. Eine Reduzierung des Kraftstoffbedarfs bei gleichzeitiger deutlicher Erhöhung der elektrischen Leistung ist nur möglich, wenn einerseits der Wirkungsgrad der Leistungserzeugung, -verteilung und -nutzung verbessert wird und andererseits das Zusammenspiel von Triebstrang und Bordnetz optimiert wird (Gesamtwirkungsgrad).

Eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrads ist mit Hilfe eines Bordnetzmanagements erreichbar, das die Steuerung

der Bordnetzkomponenten (z. B. Generator, Batterie(n), Verbraucher, Spannungsregler, DC/DC-Wandler) koordiniert. Ebenso können durch ein Bordnetzmanagement die worst-case Anforderungen an Batterie und Generator reduziert werden (z. B. Startfähigkeit bei 25°C). Diese selten auftretende Fälle können durch Maßnahmen des Bordnetzmanagements gemeistert werden (z. B. durch Anhebung des Drehzahlniveaus des Antriebs oder Reduktion der Verbraucherleistung).

Es ist Aufgabe der Erfindung, die Struktur eines Bordnetzmanagements anzugeben, mit dessen Hilfe die beschriebenen Forderungen erfüllt werden können und welches in eine hierarchische Steuerstruktur eingebunden ist.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 197 45 849.1 vom 16.10.1997 ist ein Bordnetzmanagement dargestellt. Die Energieverteilung wird mit Hilfe einer Steuereinrichtung, die als Bordnetzmanager arbeitet, realisiert. Der Steuereinheit werden die erforderlichen Informationen zugeführt, aus denen sie eine Strategie für die Steuerung der Komponenten des Bordnetzes und der Brennkraftmaschine durchführt. Die Energieverteilung zwischen Bordnetz und Brennkraftmaschine erfolgt gemäß vorgebbaren Anforderungen unter Berücksichtigung der Bedingung, daß die Bordnetz-Soll-Spannung (U_s) innerhalb vorgegebbarer Grenzen liegt. Eine konkrete Ausgestaltung des Bordnetzmanagers sowie eine Einbindung in eine hierarchische Steuerstruktur wird nicht beschrieben.

Aus der ebenfalls nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 197 09 317.5 vom 7.3.1997 ist das Prinzip einer hierarchischen Grundstruktur eines Fahrzeugesystems bekannt. Dort ist ein Fahrzeugkoordinator Auftraggeber für die Komponenten Antrieb (Quelle mechanischer Leistung), Fahrzeugbewegung, Karosserie und Innenraum und Elektrisches Bordnetz (Quelle elektrischer Leistung). Die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten dieser Struktur erfolgt nur zwischen der übergeordneten Komponente und den dieser zugewiesenen Komponenten im Rahmen fest vorgegebener Kommunikationsbeziehungen. Diese sind der Auftrag, der grundsätzlich von einer Komponente in einer höheren an eine Komponente in einer niedrigeren Hierarchieebene gegeben wird und von der beauftragten Komponente erfüllt werden muß, die Anforderung, die auch von einer Komponente in einer niedrigeren an eine Komponente in einer höheren Hierarchieebene gegeben wird und die von der angeforderten Komponente erfüllt werden sollte, und die Anfrage, bei der von der fragten Komponente eine Antwort an die fragenden Komponente erwartet wird. Im Rahmen dieser vorgegebenen Kommunikationsbeziehungen zwischen den Komponenten findet die Steuerung des Fahrzeugs statt. Es werden zur Steuerung des Fahrzeugs fest vorgegebene physikalische Größen übermittelt, die definierte Schnittstellen zwischen den einzelnen Komponenten darstellen. Eine Ausgestaltung des Koordinators Elektrisches Bordnetz wird nicht gezeigt.

Vorteile der Erfindung

Der beschriebene Bordnetzmanager ermöglicht es, die Steuerung des elektrischen Bordnetzes und damit die Steuerung der Energieverteilung in eine hierarchische Gesamtfahrzeugstruktur einzubetten. Dadurch wird eine größere Übersichtlichkeit des Gesamtsystems und des Steuersystems zur Energieverteilung erreicht und eine modulare Entwicklung von Software ermöglicht. Dies deshalb, weil eine objektorientierte Struktur des Bordnetzmanagers entsprechend der Struktur des Gesamtsystems vorgegeben ist.

Besonders vorteilhaft ist, daß die Struktur des elektrischen Bordnetzes bzw. des Bordnetzmanagers besonders

einfach ist. Die Schnittstellen zwischen den einzelnen Komponenten und die ausgetauschten Größen sind rein logischer Natur, d. h. hardware- und realisierungsunabhängig (z. B. Drehzahl, Leistung, Moment, Spannung, etc.). Dadurch ergeben sich als Vorteile die Wiederverwendbarkeit von Software, eine leichte Erweiterbarkeit, eine gute Übersichtlichkeit und eine leichte Applizierbarkeit.

Vorteilhaft ist ferner, daß der unten näher beschriebene Bordnetzkoordinator das Zusammenspiel von Generator, Spannungsregler, elektrischen Verbrauchern, Batterien und eventuell vorhandenen DC/DC-Wandlern koordiniert. Eine Koordination mit dem Triebstrang wird von einer dem Bordnetzkoordinator übergeordneten Komponente (Fahrzeugkoordinator) bereitgestellt. In einer weiteren Ausführung ist ein Bordnetzmanager vorgesehen, der zusätzlich diese Aufgabe der übergeordneten Komponente übernimmt und den Triebstrang mit berücksichtigt. Es wird eine geeignete Strategie zur Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Nutzung der elektrischen Leistung festgelegt. Dadurch wird die Fahrzeugverfügbarkeit erhöht, weil die Ladebilanz sichergestellt ist, die Bordnetzspannung im spezifizierten Bereich, dynamisch und statisch, gehalten wird, das dynamische Zusammenspiel von Bordnetz und Antrieb verbessert wird und die Lebensdauer der Batterie verlängert wird. Dabei wird als Randbedingung ein möglichst minimaler Kraftstoffbedarf berücksichtigt.

Durch die nachfolgend beschriebenen Strukturen mit einem übergeordneten Block, der die untergeordnete Teilsysteme koordiniert, werden die Teilsysteme optimal koordiniert. Die Struktur ermöglicht ein übergeordnetes Energiemanagement.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Fig. 1 bis 5 der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 zeigt das aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannte Prinzip einer hierarchischen Grundstruktur eines Fahrzeugesystems. Ein Fahrzeugkoordinator ist Auftraggeber für die Komponenten Antrieb, Fahrzeugbewegung, Karosserie und Innenraum und Elektrisches Bordnetz. Im folgenden wird die Komponente Elektrisches Bordnetz und die zugehörigen Schnittstellen zum Fahrzeugkoordinator näher beschrieben. Die einzelnen Komponenten können je nach Ausführungsbeispiel als einzelne Steuergeräte oder in einem Steuergerät als einzelne Softwareblöcke oder als Mischung die Ausgestaltungen realisiert werden.

Fig. 2 zeigt das Prinzip der Verfeinerung der Komponente Elektrisches Bordnetz. Die Aufgabe des elektrischen Bordnetzes ist die Bereitstellung elektrischer Leistung für die elektrischen Verbraucher des Kraftfahrzeugs. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, durch das Bordnetz (über den Generator) eine mechanische Leistung einzustellen, indem die Generatorerregung und damit die Aufnahme mechanischer Leistung gesteuert wird. In Sonderfällen ist sogar die Bereitstellung von mechanischer Leistung möglich, indem der Generator im motorischen Betrieb betrieben wird, in dem er mechanische Leistung abgibt. Die Einstellung der mechanischen Aufnahmeleistung des Bordnetzes dient z. B. der Warmlaufunterstützung eines Verbrennungsmotors, wobei der Antrieb ein zusätzliches Lastmoment fordert und somit die Warmlaufphase abkürzt oder zur Aufbringung eines zusätzlichen Bremsmoments, z. B. auf Anforderung der Komponente Fahrzeugbewegung. Die mechanische Leistungsab-

gabe des Bordnetzes kann als "Boost" des Antriebs genutzt werden.

Die Bordnetzkomponenten Generator und Batterie sind zur Erfüllung der Bordnetzaufgaben unbedingt erforderlich. Dabei sind mehrere Batterien, z. B. ein Zwei-Batterienbordnetz, denkbar. Für ein übergeordnetes Bordnetzmanagement besitzen sowohl die Komponente Generator als auch die Komponente Batterie eine Zustandserkennung (G/Zi: Generatorzustandserkennung, B/Zi: Batteriezustandserkennung), um Angaben über das Leistungspotential machen zu können, z. B. Abschätzen des Batterieladezustandes und des Batterialters, Abschätzung der Generatortemperatur, etc., sofern diese Daten nicht als Meßgrößen vorliegen. Bei Mehrspannungsbordnetzen sind als weitere Komponenten ein oder mehrere DC/DC-Wandler für die Spannungswandlung erforderlich.

Der Koordinator elektrisches Bordnetz steuert die Bordnetzkomponenten, d. h. er legt die Strategie fest, wie die Anforderungen des Fahrzeugkoordinators an das Bordnetz umgesetzt werden. Der Koordinator elektrische Verbraucher ist je nach Ausführung eine eigene Bordnetzkomponente oder Teil des Koordinators elektrisches Bordnetz. Seine Aufgabe ist das Sammeln der Leistungsanforderungen der der Komponente elektrisches Bordnetz zugehörigen, elektrischen Verbraucher (z. B. Heizung), das Anfordern dieser Leistung beim Fahrzeugkoordinator sowie die Leistungszuteilung an die Verbraucher.

Die Bordnetzkomponente Spannungsregler ist nicht zwingend erforderlich. Sie dient bei einem Bordnetzmanagement dazu, die Bordnetzspannung im spezifizierten Bereich zu halten, wenn der Generator an seiner Leistungsgrenze ist, d. h. den elektrischen Leistungsbedarf nicht mehr abdecken kann. Er teilt dem Bordnetzmanagement den Leistungslehlbedarf mit (ermittelt aus der Differenz U_{soll} U_{ist} zwischen der Bordnetzspannung U_{soll} und der Bordnetzspannung U_{ist}). Das Bordnetzmanagement leitet daraufhin Maßnahmen ein, die den elektrischen Leistungsbedarf reduzieren (z. B. Abschalten von elektrischen Verbrauchern) oder die eine höhere elektrische Leistungserzeugung ermöglichen, wie z. B. eine Änderung der Generatorerregung. Der Spannungsregler kann vereinfacht als virtueller elektrischer Verbraucher mit hoher Priorität gesehen werden. Der Spannungsregler ist nicht identisch mit dem Generatorregler, der der Komponente Generator zugeordnet ist und der durch Regelung der Generatorerregung die geforderte Bordnetzspannung einstellt.

Fig. 3 zeigt die Kommunikation zwischen den Komponenten für eine Anforderung nach Bereitstellung elektrischer Leistung. Der Fahrzeugkoordinator erfragt (Abfragebeziehung) vom Koordinator Bordnetz das Potential der elektrischen Leistungsbereitstellung $P_{\text{potential}}$, aufgeteilt auf alle vorhandenen Spannungsebenen. Die Frage wird weitergegeben an den Generator und die Batterie. Das Potential wird bei Bedarf in unterschiedlich priorisierten Teilmengen angegeben. So ist das Potential der Batterie aufgeteilt in die aus Batteriesicht wünschenswerte Batterieleistung (Lade- oder Entladeleistung), in die maximal mögliche Entladeleistung und die maximal mögliche Ladeleistung, jeweils inkl. zugehöriger Batteriespannung. Je nach Batteriezustand sind diese Leistungen priorisiert. So hat bei niedrigem Batterieladezustand die Ladung sehr hohe Priorität. Gleichzeitig fragt der Bordnetzkoordinator das Potential der DC/DC-Wandler ab (falls vorhanden). Dieses ist z. B. durch die Grenztemperatur der Leistungshalbleiter begrenzt. Dieses Potential kann das Leistungspotential von Batterie und Generator begrenzen. Das elektrische Leistungspotential wird z. B. durch Auswertung eines Vollastkennfeldes ermittelt, das den Generatorausgangsstrom über der Drehzahl bei maximaler Er-

regung und unterschiedlichen Generatorausgangsspannungen darstellt. Das Potential der Batterie(n) wird ermittelt, indem z. B. abgeschätzt wird, wieviel Leistung der Batterie entnehmbar oder zuführbar ist bei vorgegebenen Spannungen, die aus der Bordnetzspezifikation ableitbar sind. Das Potential des DC/DC-Wandlers ist abhängig vom Layout des Wandlers und äußeren Einflüssen, z. B. Temperatur. Der Wandler kann die seiner Spezifikation entsprechende Leistung übertragen, bei hoher Bauteiltemperatur ist diese jedoch zu reduzieren. Das Potential des Wandlers kann z. B. über eine temperaturabhängige Kennlinie ermittelt werden.

Der Bordnetzkoordinator interpretiert die Potentialangaben von Batterie und Generator und beantwortet die Potentialfrage an den Fahrzeugkoordinator.

Es folgt der Auftrag (Auftragsbeziehung) nach Leistungsbereitstellung (elektrische Leistung P_{el}) vom Fahrzeugkoordinator an den Koordinator Bordnetz. Der Koordinator Bordnetz entscheidet (bei Abfragen nach Leistungsbereitstellung entsprechend den priorisierten Potentialangaben abhängig vom Batterie- und Generatorzustand über die Aufteilung des Leistungsauftrags auf die einzelnen Teilkomponenten (z. B. Batterie und Generator) und beauftragt daraufhin den Generator mit der Leistungserzeugung unter Vorgabe einer Sollspannung (U_{soll}). Ist die Verbraucherleistung bekannt, dann entspricht U_{soll} einer bestimmten Generatorleistung, d. h. statt U_{soll} kann auch eine Leistung P vorgegeben werden. Ist die Verbraucherleistung nicht genau bekannt, dann stellt sich bei Leistungsvorgabe eine von der Sollspannung verschiedene Leistung ein, d. h. die Batterieleistung entspricht nicht mehr dem gewollten Wert. Bei U_{soll} -Vorgaben sorgt der Generatorregler dafür, daß so viel Leistung erzeugt wird, daß die Spannung eingestellt wird (wenn möglich). Die sich ergebende Bordnetzspannung entscheidet über die Batterieleistung (die Batterieleistung ist nicht direkt steuerbar, sondern stellt sich gemäß der Batteriespannung ein). Gleichzeitig gibt der Bordnetzkoordinator die Ausgangsspannungen (U_{out}) für die DC/DC-Wandler vor (Auftrag). Im Rahmen der Auftragsbeziehung teilt der Fahrzeugkoordinator dem Bordnetzkoordinator gegebenenfalls die abzunehmende elektrische Verbraucherleistung (P_{ev}) zu.

Der Spannungsregler erhält im Rahmen einer Auftragsbeziehung den Spannungssollwert (U_{soll}). Diesen vergleicht er mit dem Spannungswert. Er fordert abhängig vom Ergebnis virtuelle elektrische Leistung (P_{ev}) über den Bordnetzkoordinator vom Fahrzeugkoordinator an mit dem Ziel, die Spannungsdifferenz auszugleichen (Anforderungsbeziehung).

Fig. 4 zeigt den Kommunikationsablauf bei Anforderung einer mechanischen Leistung (P_{mech}) des Bordnetz. Diese Leistung kann sowohl positiv (Aufnahme mechanischer Leistung) als auch negativ (Abgabe mechanischer Leistung) sein.

Der Fahrzeugkoordinator fragt das mechanische Leistungspotential (P_{mech} , Potential) des elektrischen Bordnetzes ab. Der Koordinator Bordnetz fragt das mechanische Leistungspotential des Generators, das elektrische Leistungspotential der Batterie und das elektrische Leistungspotential der DC/DC-Wandler ab (Abfragebeziehungen). Das Potential der Abgabe mechanischer Leistung (erzeugbare mechanische Leistung) bei motorischem Betrieb des Generators wird berechnet aus der Drehzahl, bei der die Leistung abzugeben ist, und der Bordnetzspannung ($P_{mech} = f(n, U)$). Die Drehzahl wird dabei bei der Abfrage mitgeteilt (auch mehrere Werte, abhängig von zulässigen Getriebestufen). Die Antwort enthält zugleich eine Aussage über die benötigte elektrische Leistung. Das Potential der Aufnahme der mechanischen Leistung wird ermittelt aus dem Vollastkennfeld und dem Wirkungsgrad, Abhängig von der elektrischen Lei-

stungsförderung an das Bordnetz, dem Batterie-, Generator- und Wandlerpotential bestimmt der Koordinator Bordnetz das Potential der mechanischen Leistungsbereitstellung. Dieses ist wiederum nach verschiedenen Prioritäten unterteilt. Bei einer Forderung nach Abgabe mechanischer Leistung ist das Batteriepotential die begrenzende Größe, da die Batterie die elektrische Leistung für Bordnetz und motorischen Betrieb des Generators liefern muß. Eine Forderung nach zusätzlicher Aufnahme von mechanischer Leistung bedeutet erhöhte Abgabe elektrischer Leistung. Kann diese Leistung nicht von der Batterie aufgenommen werden, ist entweder keine zusätzliche mechanische Leistungsaufnahme möglich oder es müssen zusätzliche elektrische Verbraucher eingeschaltet werden. D. h. es ist evtl. eine zusätzliche Abfrage des Generators über den Bordnetzkoordinator an den Fahrzeugkoordinator einzufügen: Potential der elektrischen Verbraucher (P_{ev}) (wieviel Leistung kann zusätzlich aufgenommen werden). Der Fahrzeugkoordinator beauftragt das el. Bordnetz mit der Bereitstellung der mechanischen Leistung (P_{mech}). Der Koordinator Bordnetz beauftragt den Generator, die mechanische Leistung einzustellen (Auftragsbeziehungen). Dies ist möglich durch direkte Leistungsvorgabe (P_{mech}). Diese Leistung wird z. B. vom Antrieb beim Fahrzeugkoordinator angefordert für Funktionen wie Warmlaufunterstützung oder durch Vorgabe der Sollspannung (U_{soll}). P_{mech} wird vorgegeben bei einer Forderung nach Abgabe einer mechanischen Leistung, U_{soll} bei Forderung nach Aufnahme einer mechanischen Leistung. Die Batterieleistung stellt sich abhängig von der Bordnetzspannung ein.

Die Spannungsregelung etc. läuft analog zum Fall Anforderung elektrischer Leistung ab.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 5 beschrieben, mit der dieselbe Funktionalität erreicht wird. Die Kopplung mit dem Gesamtfahrzeug findet über die Komponenten Verbrauchermanagement und Triebstrangmanagement statt. Beim Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 bis 4 bilden die Komponenten DC/DC-Steuerung, Generator- und Batteriemanagement das elektrische Bordnetz. Das Verbrauchermanagement ist dabei auf alle Komponenten verteilt, inklusive dem Fahrzeugteil, während das Triebstrangmanagement im Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 die Schnittstelle zur Fahrzeugbewegung und Antrieb darstellt, aber nur die bordnetzrelevanten Teile abbildet.

Der Bordnetzkoordinator im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 4 ist daher auch nicht mit dem nachfolgend beschriebenen Bordnetzmanagement identisch. Der Bordnetzkoordinator ist im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 4 Teil eines Bordnetzmanagements, welches hauptsächlich im Fahrzeugkoordinator abläuft. Während die Struktur nach den Fig. 1 bis 4 die gesamte Fahrzeugstruktur berücksichtigt, wird in Fig. 5 nur der bordnetzrelevante Teil dargestellt.

Um die elektrische Leistungserzeugung und Nutzung koordinieren zu können, werden im Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 Angaben über den Generator-, Batterie-, Antriebs- und Verbraucherzustand verwendet. Entsprechend sind als Teilkomponenten Batteriemanagement, Generatormanagement, Triebstrangmanagement, Verbrauchermanagement und bei Mehrspannungsbordnetzen die Steuerung der DC/DC-Wandler angegeben.

Die Batterie ist ein Speicher für elektrische Energie. Sie kann sowohl Leistung aufnehmen als auch abgeben. Das Batteriemanagement koordiniert den Betrieb aller im Bordnetz vorhandenen Batterien (z. B. einer 36V-Batterie und einer 12V-Batterie). Es legt die aus Batteriesicht optimale Batteriespannung fest und bestimmt die zugehörige Batterieleistung sowie das Entlade- und Ladepotential (maximale Lade- bzw. Entladeleistung). Die Leistungsangaben sind ge-

wichtet, um die Dringlichkeit einer Ladung bzw. Entladung zu betonen. So wird z. B. bei kritischem Batterieladezustand mit hoher Priorität eine Ladeleistung gefordert, für sicherheitsrelevante Verbraucher kann jedoch noch Leistung aus der Batterie entnommen werden.

Der Generatormanager berechnet das Potential der elektrischen Leistungserzeugung: die momentan abgegebene Leistung, die maximal abgebbare Leistung bei aktueller Generator-drehzahl und eine Drehzahlinformation. Diese beschreibt den Drehzahlbereich in dem der Generator bei Vollerregung die maximale Leistung abgeben kann. Das mechanische Leistungspotential ist ebenfalls zu bestimmen: die momentan aufgenommene mechanische Leistung und die maximal abgebbare mechanische Leistung im Motorbetrieb (Boost des Fahrzeugantriebs; nur bei triebstranggekoppeltem Startergenerator). Ebenso ist die zu erwartende mechanische Leistung abzuschätzen, die zur Erzeugung einer vom Bordnetzmanager angeforderten elektrischen Leistung benötigt wird. Das Generatormanagement setzt den Auftrag nach Leistungserzeugung vom Bordnetzmanagement um, indem er die vorgegebene Sollspannung einregelt.

Ein Triebstrangmanagement ist für das Bordnetzmanagement erforderlich, da sich Bordnetz und Antrieb über den Generator gegenseitig beeinflussen: Der Antrieb bestimmt die aktuelle Generator-drehzahl und damit die momentan maximal erzeugbare elektrische Leistung. Der Generator hingegen stellt für den Antrieb eine zusätzliche mechanische Last dar. Das Drehzahlniveau des Antriebs und damit des Generators ist entscheidend für die längerfristige Leistungsbilanz und damit eine wichtige Größe bei der Auslegung des Bordnetzes. Für das Bordnetz sind folgende Größen des Antriebs wichtig: das Drehzahlpotential und das mechanische Leistungspotential. D. h. in welchem Umfang kann der Antrieb seine aktuelle Drehzahl variieren (bei konstanter Geschwindigkeit) bzw. kann der Antrieb die für den Generatorantrieb relevante mechanische Leistung bereitstellen. Dies ist besonders in Vollastphasen und bei zukünftigen Generatoren, die die erwähnten Leistungsanforderungen abdecken können, nicht selbstverständlich. Die Potentialangaben sind jeweils gewichtet, d. h. der Antrieb bewertet die für die Änderung von Drehzahl bzw. Leistung erforderlichen Maßnahmen hinsichtlich ihres Einflusses auf Wirkungsgrad, Emissionen etc. und legt abhängig vom Ergebnis Prioritäten für die einzelnen Potentiale fest. Andererseits beeinflusst das Bordnetz durch die Momentenrückwirkung auch den Antrieb. Der Antrieb kann daher Leistungsanforderungen an das Bordnetz stellen, die seinen Wirkungsgrad verbessern. Dazu gehört z. B. eine erhöhte Belastung des Verbrennungsmotors durch den Generator in Schwachlastphasen oder eine verringerte Belastung durch den Generator bei Vollast.

Die elektrischen Verbraucher fordern über das Verbrauchermanagement Leistung an. Gleichzeitig hat das Verbrauchermanagement die Aufgabe, die vom Bordnetzmanager zugeteilte Leistung auf die einzelnen Verbraucher zu verteilen.

Der Bordnetzmanager ist den zuvor genannten Komponenten übergeordnet. Er vergleicht die Leistungsanforderung der elektrischen Verbraucher mit dem Potential der Leistungserzeugung und legt unter Beachtung der Anforderungen der einzelnen Komponenten eine Strategie für die Leistungserzeugung und -nutzung fest. Die Leistungserzeugung ist dabei abhängig von der Priorität der Leistungsanforderung der elektrischen Verbraucher, der Priorität der Batterieanforderungen und der Priorität der Anforderungen vom Antrieb. Die zu beachtende Randbedingung ist dabei stets, daß die spezifizierten Spannungsgrenzen nicht verletzt werden und der Batterieladezustand nie unter einen kritischen Wert sinkt. Der Bordnetzmanager legt die einzustell-

ende Generatorleistung, die zur Verfügung stehende Verbraucherleistung und die Batterieleistung fest und fordert vom Antrieb bei Bedarf ein verändertes Drehzahlniveau. Er kommuniziert zum Antrieb die zu erwartende Belastung durch den Generator (load response) bevor er den Auftrag zur elektrischen Leistungserzeugung gibt. Dadurch kann sich der Motor auf dynamische Laständerungen vorbereiten. Danach gibt er den Auftrag zur Leistungsbereitstellung und Leistungsabnahme. Aus der zugeteilten Batterieleistung ergibt sich die Batteriespannung. Z. B. ist beim 14V/42V-Bordnetz die Spannung der 36V-Batterie der Sollwert für den Generatorausgang und legt damit die Generatorleistung fest. Die 14V-Spannung wird über einen oder mehrere DC/DC-Wandler (Netz-wandler, Batteriewandler) aus der 42V-Generatorspannung erzeugt. D.h. die Spannung der 14V-Batterie wird dem DC/DC-Batterie-Wandler als Ausgangsspannungswert vorgegeben (der Batteriewandler kann identisch mit dem Netzwandler sein). Die abzunehmende Verbraucherleistung wird dem Verbrauchermanagement zugeteilt, das die Verbraucher schaltet.

Damit ergeben sich folgende Schnittstellen vom Bordnetzmanager zu den Teilkomponenten:

zum DC/DC-Wandler:

- 25 Abfrage von jedem Wandlertyp (z. B. Netzwandler, Batteriewandler) bezüglich Wandlertemperatur T_{wandler} (wird durch Messung ermittelt) unter gleichzeitiger Mitteilung der Maximaltemperatur (Halbleitergrenztemperatur) T_{grenz} laut Datenblatt und des aktuellen, gemessenen Wandlerstroms I_{wandler} . Als Auftrag die Vorgabe der Ausgangsspannung $U_{\text{wandler, out}}$ sowohl für Netzwandler als auch für Batteriewandler (falls vorhanden) Die Ausgangsspannung wird vom Bordnetzmanager z. B. unter Berücksichtigung der einzustellenden Batteriespannung bestimmt.

zum Verbrauchermanagement:

- Anforderung der Verbraucherleistung $P_{V, \text{Forderung}}$, deren Größe z. B. aus Festwerten, die den einzelnen Verbraucher zugeordnet sind, bestimmt wird.

- Die Abfrageschnittstelle stellt das Zuschalt-Potential ($P_{V, \text{pot}}$) der Verbraucher dar, welches aus Tabellenwerten durch Summation der einzelnen nicht aktiven Verbrauchern gewonnen wird.

- Eine weitere Abfrageschnittstelle ist Abfrage, wieviel der vorläufig zugeteilten (aufgeteilt nach Nenn- und Spitzenleistung) Leistung verwertet werden kann ($P_{V, \text{verwert}}$). Auch diese wird aus einer Tabelle bestimmt. Die umfaßt in einem Ausführungsbeispiel Komponenten für 12V- und 42V-Verbraucher. Dies ist nötig, falls keine kontinuierliche Leistungsverstellung möglich ist. Findet diese Abfrage nicht statt, teilt das Bordnetzmanagement Leistung zu, die nicht verbraucht wird, mit der Folge einer steigenden Bordnetzspannung.

- Die Auftragsschnittstelle bildet P_V mit den Komponenten P_{12V}, P_{42V} . Über diese Schnittstelle übermittelt der Bordnetzmanager dem Verbrauchermanagement Aufträge nach Einstellung (Abnahme) der Verbraucherleistung. Die Aufteilung der Leistung auf die einzelnen Verbraucher findet im Verbrauchermanagement statt.

Zum Generatormanagement:

- Der Bordnetzmanager fragt beim Generatormanagement das wie oben bestimmte Potential der Leistungserzeugung $P_{\text{gen, pot}}$ ab. In dieser Abfrage sind z. B. folgende Komponenten umfaßt: die aktuell erzeugte gemessene elektrische Leistung P_{ist} und die maximal erzeugbare Leistung P_{max} . Dieser Wert ist drehzahlabhängig. Die maximal erzeugbare Leistung wird angegeben für die einstellbare Generator-dreh-

zahl, die eine Funktion der Drehzahl des Antriebs und der Übersetzung zwischen Antrieb und Generator ist. Es wird also eine Maximalleistung bei der Generatorisdrehzahl, der maximal und der minimal möglichen Drehzahl angegeben. Außerdem geht eine mögliche Generatorübererregung in die maximale Leistung ein. Das Generatormanagement entscheidet dabei selbständig über die Boostfähigkeit des Generators. Eine Unterteilung des Leistungswerts in verschiedene Klassen ist denkbar, z. B. wirkungsgradoptimale Leistungserzeugung, leistungsoptimale Leistungserzeugung, zeitlich begrenzt mögliche Leistungserzeugung aufgrund des thermischen Generatorzustands (Übererregung). Eine Randbedingung des Leistungspotentials ist die Zeit, die benötigt wird, um die Leistung zur Verfügung zu stellen.

Ferner wird der mechanischen wie oben bestimmte Leistungsbedarfs (P_{mech}) des Generators bei vorgegebener zu erzeugender elektrischer Leistung abgefragt. Bei Fahrzeugen mit triebstranggekoppeltem Starter-Generatoren oder Generatoren, die im motorischen Betrieb den Fahrzeugantrieb verstärken oder ersetzen können, ist eine Erweiterung der Schnittstelle erforderlich. P_{mech} ist dann auch die Leistung bei Motorbetrieb der elektrischen Maschine bei vorgegebener Drehzahl. P_{mech} ist in diesem Fall negativ (die elektrische Maschine gibt Leistung ab).

Die Auftragsbeziehung zwischen Bordnetz und Generator stellt der Auftrag an den Generator nach Leistungserzeugung (P_{gen}) dar. Diese Schnittstelle definiert eine Ausgangsspannung für den Generator, die als Sollspannung der Generatorsteuerung vorgegeben wird. D.h. die Umrechnung der zu erzeugenden Leistung in eine entsprechende Spannung kann auch im Bordnetzmanager stattfinden. Diese Schnittstelle ändert sich dann in eine Spannungsschnittstelle $U_{\text{gen, out}}$.

Zum Triebstrangmanager:

Als Anforderungsbeziehung zwischen Bordnetz und Triebstrang ist die Anforderung einer mechanischen Leistung P_{BN} , z. B. zur Warmlaufunterstützung (höhere Last) oder Entlastung beim Beschleunigen, an den Bordnetzmanager vorhanden. Über die Zuteilung der angeforderten Leistung entscheidet der Bordnetzmanager. Die Leistung wird hauptsächlich über den Generator eingestellt (mechanische Rückkopplung der elektrischen Leistungserzeugung). Bei Fahrzeugen mit möglicher Antriebsunterstützung durch motorischen Betrieb des Generators ist dies auch die Anforderung einer unterstützenden Leistung bei vorgegebener Drehzahl (entspricht einer Momentenforderung). In diesem Fall ist jedoch eine weitere Schnittstelle vorzusehen: die Potentialabfrage des Antriebs an das Bordnetz, z. B. das mechanische Antriebspotential des Generators bei vorgegebener Drehzahl $P_{\text{BN, P}}$.

Die Abfragebeziehung stellt die Abfrage des Potentials der Leistungserzeugung des Antriebs ($P_{\text{Antrieb, max}}$) durch den Bordnetzmanager dar. Das Potential ist die maximale Leistung des Antriebs, die für die elektrische Leistungserzeugung zur Verfügung steht und wird aus einem Kennfeld gewonnen. Randbedingung ist dabei jeweils eine der Generatordrehzahl entsprechende Größe. Beim Ziel einer Momentenänderung wird die maximale Leistung bei konstanter Generatorisdrehzahl abgefragt, ist eine Drehzahländerung das Ziel, so daß die elektrische Leistungserzeugung verbessert wird, wird die maximale Leistung bei Änderung der Drehzahl übermittelt. Die Antwort auf diese Abfrage enthält zudem die Zeit, in der das Potential zur Verfügung gestellt werden kann.

Eine weitere Anforderungsbeziehung ist P_{Antrieb} . Sie repräsentiert die Anforderung nach Einstellung einer mechanischen Leistung für die elektrische Leistungserzeugung.

Als Randbedingung ist die Ursache der Leistungsänderung mitzuteilen: Leistungsänderung durch Drehzahländerung oder Leistungsänderung durch Momentenänderung (bei konstanter Drehzahl).

Zum Batteriemanager:

Als Abfragebeziehung ist vorhanden die Abfrage nach elektrischem Leistungspotential $P_{\text{bat, pot}}$ der Batterie(n) und zugehöriger Batteriespannung(en), sowohl für Ladung als auch Entladung, d. h. Aufnahmeleistung bzw. Abgabeleistung. Das Potential wird abhängig von der maximalen Ladeleistung und der Ladespannung, bzw. der maximalen Entladeleistung und Entladespannung gebildet. Ferner ist als Abfragebeziehung die Abfrage nach Wunschspannung(en) aus Batteriesicht $U_{\text{bat, opt}}$ und zugehörige Leistung $P_{\text{bat, opt}}$ vorgesehen. Die Spannung ist abhängig von der Lade-/Entladestrategie und von die Lebensdauer beeinflussenden Faktoren.

Die beschriebenen Komponenten sind dabei Softwareteile zur Verwaltung und Steuerung der Hardwareteile wie Generator, Batterie, DC/DC-Wandler.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Energieverteilung in einem Kraftfahrzeug, welches wenigstens eine Batterie und wenigstens einen Generator aufweist, wobei eine hierarchische Steuerstruktur eingesetzt wird, die aus einer übergeordneten Komponente (Koordinator elektrisches Bordnetz, Bordnetzmanagement) und dieser untergeordneten Komponenten zur Steuerung des wenigstens einen Generators und der wenigstens einen Batterie besteht, wobei zwischen der übergeordneten Komponente und den untergeordneten Komponenten vorgegebene Schnittstellen mit vorgegebenen Kommunikationsbeziehungen vorhanden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Kommunikationsbeziehungen Aufträge, die von der beauftragten Komponente erfüllt werden müssen, Anforderungen, die von der angeforderten Komponente erfüllt werden sollten und Abfragen sind, die von der abgefragten Komponente beantwortet werden müssen, vorgegeben sind, wobei zwischen der untergeordneten Komponente des wenigstens einen Generators und der übergeordneten als Auftrag die einzustellende Leistung bzw. Spannung, als Abfrage das Potential zur Leistungserzeugung des Generators übermittelt wird, zwischen der untergeordneten Komponente der wenigstens einen Batterie und der übergeordneten als Abfrage das elektrische Leistungspotential der Batterie übermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das abgefragte Potential der Leistungserzeugung die aktuell erzeugte elektrische Leistung des Generators und die maximal erzeugbare Leistung umfaßt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Abfrage von der übergeordneten Komponente zur Komponente Generator der mechanische Leistungsbedarf des Generators übermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Abfrage von der übergeordneten Komponente zur Komponente Batterie die Wunschspannung und die Wunschleistung der Batterie übermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Komponente wenigstens ein DC/DC-Wandler vorgesehen ist, zwischen dem und der übergeordneten Komponente als Auftrag

die Ausgangsspannung des Wandlers, als Abfrage das Leistungspotential übermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Abfrage des Leistungspotential Wandlerstrom, Wandlertemperatur und Grenztemperatur abgefragt wird. 5

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Komponente wenigstens ein Regler der Bordnetzspannung vorgesehen ist, zwischen dem und der übergeordneten Komponente als Auftrag die Sollspannung, als Anforderung vom Regler zur übergeordneten Komponente die elektrische Leistung übermittelt wird. 10

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der übergeordneten Komponente ein Fahrzeugkoordinator übergeordnet ist, der als Auftrag zur übergeordneten Komponente die Bereitstellung elektrischer und/oder mechanischer Leistung und/oder eine abzunehmende elektrische Verbraucherleistung übermittelt wird, als Abfrage vom Fahrzeugkoordinator das Potential der elektrischen und/oder mechanischen Leistungsbereitstellung, ggf. als Anforderung elektrische Leistung übermittelt wird. 15 20

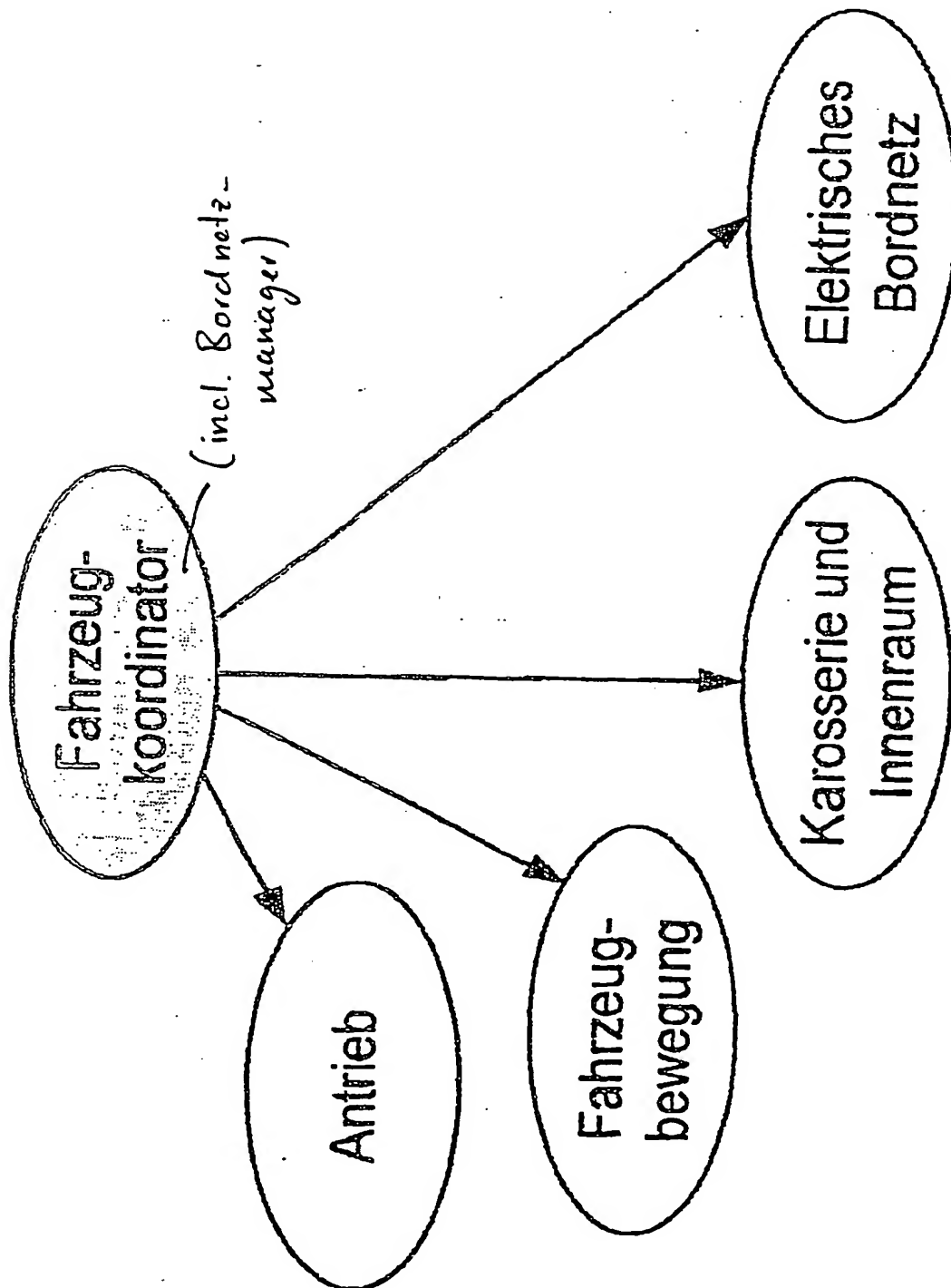
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Komponente ein Verbrauchermanagement vorgesehen ist, welche bei der übergeordneten Komponente Verbraucherleistung anfordert, bei der die übergeordnete Komponente das Zuschaltpotential der Verbraucher abfragt und als Auftrag die einzustellende Verbraucherleistung übermittelt. 25 30

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Komponente ein Triebstrangmanagement vorgesehen ist, welche bei der übergeordneten Komponente mechanische Leistung anfordert, bei der von der übergeordneten Komponente das Potential der Leistungserzeugung des Antriebs abgefragt und von der die übergeordnete Komponente eine einzustellende mechanische Leistung anfordert. 35 40

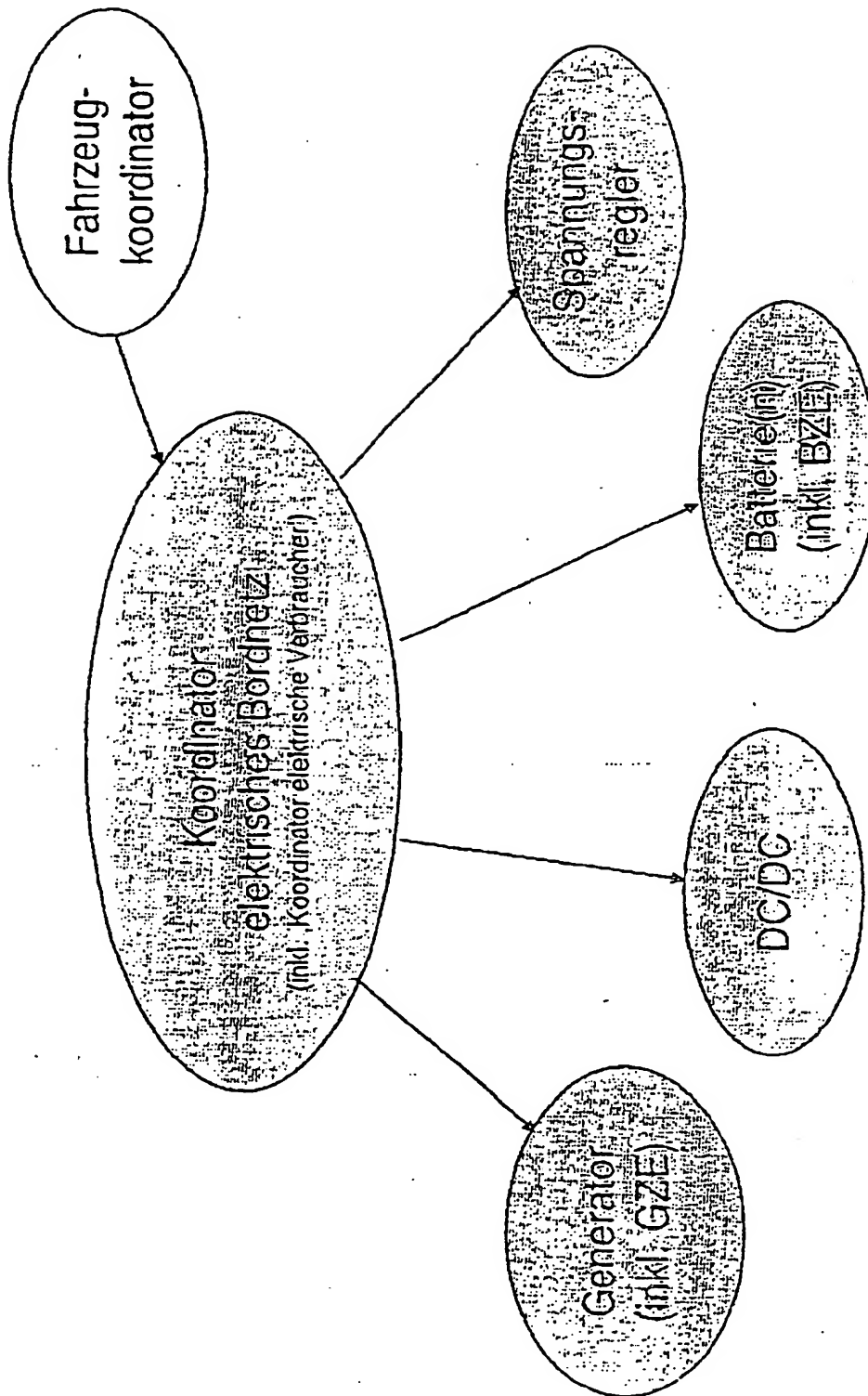
11. Vorrichtung zur Energieverteilung in einem Kraftfahrzeug, welches wenigstens eine Batterie und wenigstens einen Generator aufweist, mit einer hierarchischen Steuerstruktur, die aus einer übergeordneten Komponente und diesem untergeordneten Komponenten zur Steuerung des wenigstens einen Generators und der wenigstens einen Batterie besteht, mit vorgegebenen Schnittstellen mit vorgegebenen Kommunikationsbeziehungen zwischen der übergeordneten und den untergeordneten Komponenten, dadurch gekennzeichnet, daß als Kommunikationsbeziehungen Aufträge, die von der beauftragten Komponente erfüllt werden müssen, Anforderungen, die von der angeforderten Komponente erfüllt werden sollten und Abfragen sind, die von der abgefragten Komponente beantwortet werden müssen, vorgegeben sind, und die Schnittstelle zwischen der Komponente des wenigstens einen Generators und der übergeordneten Komponente als Auftrag die einzustellende Leistung bzw. Spannung, als Abfrage das Potential zur Leistungserzeugung des Generators, zwischen der Komponente der wenigstens einen Batterie und der übergeordneten Komponente als Abfrage das elektrische Leistungspotential der Batterie umfaßt. 45 50 55 60

65

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen



Figur 1



Figur 2

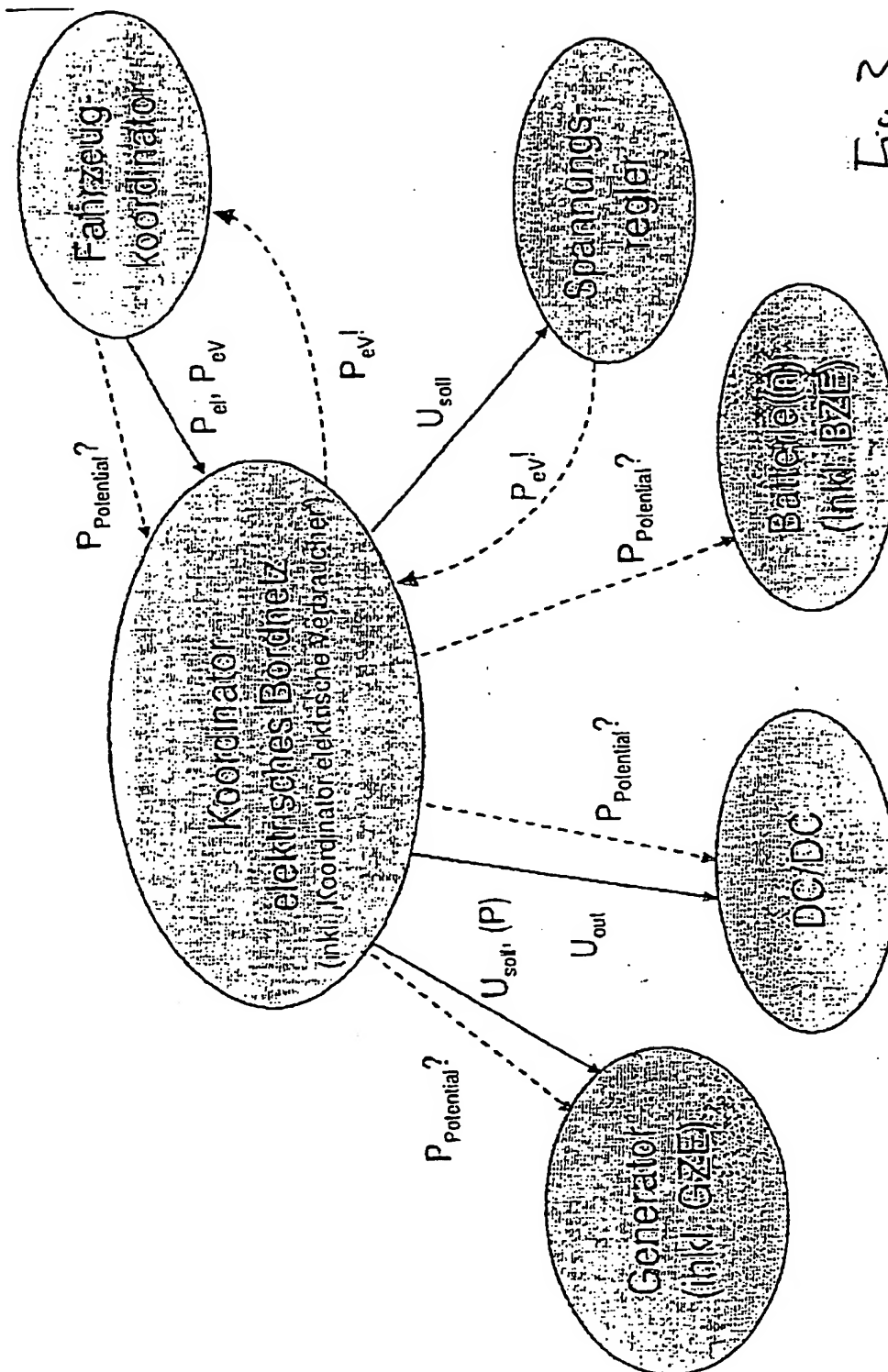


Fig. 3

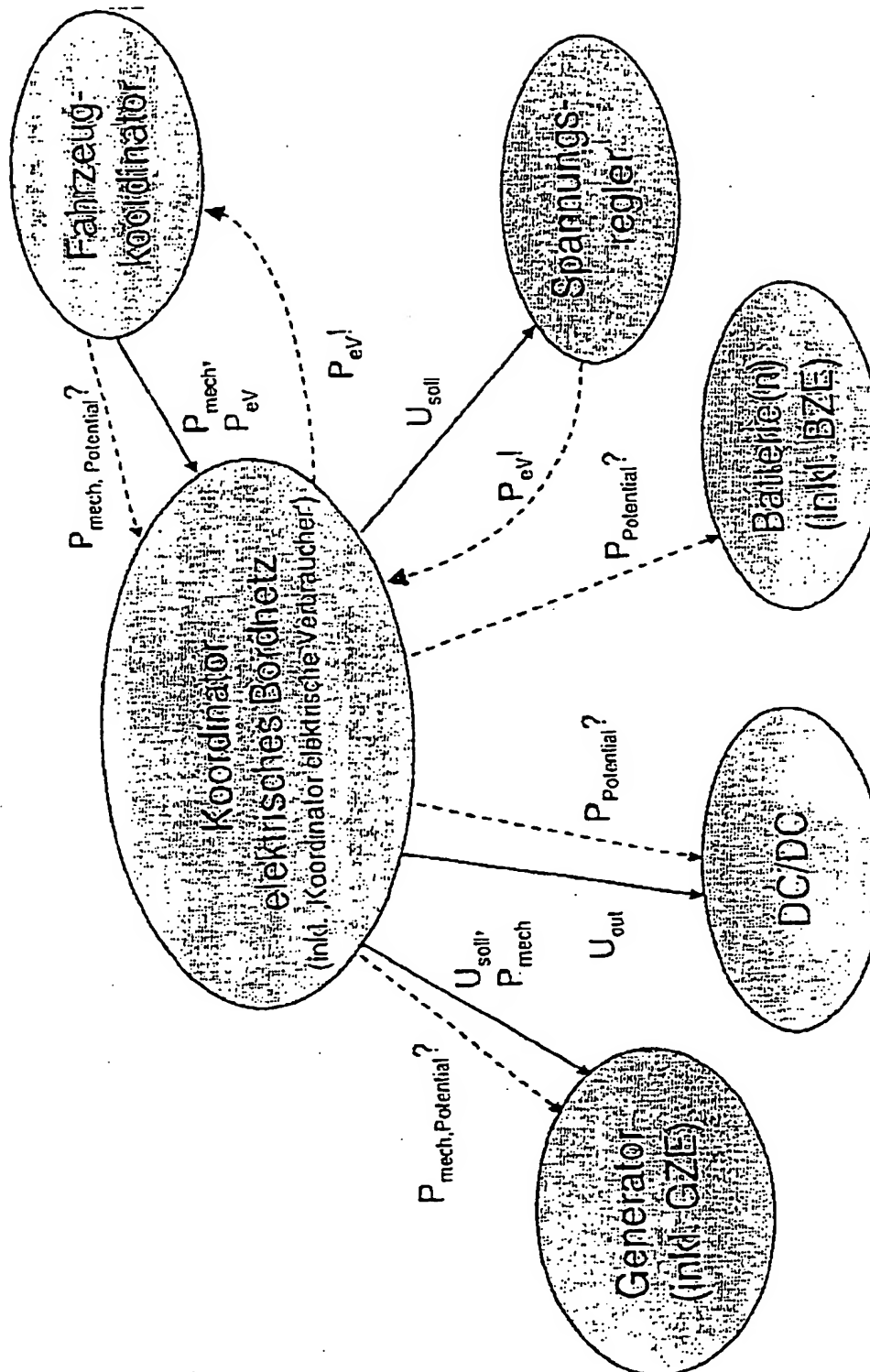


Fig. 7

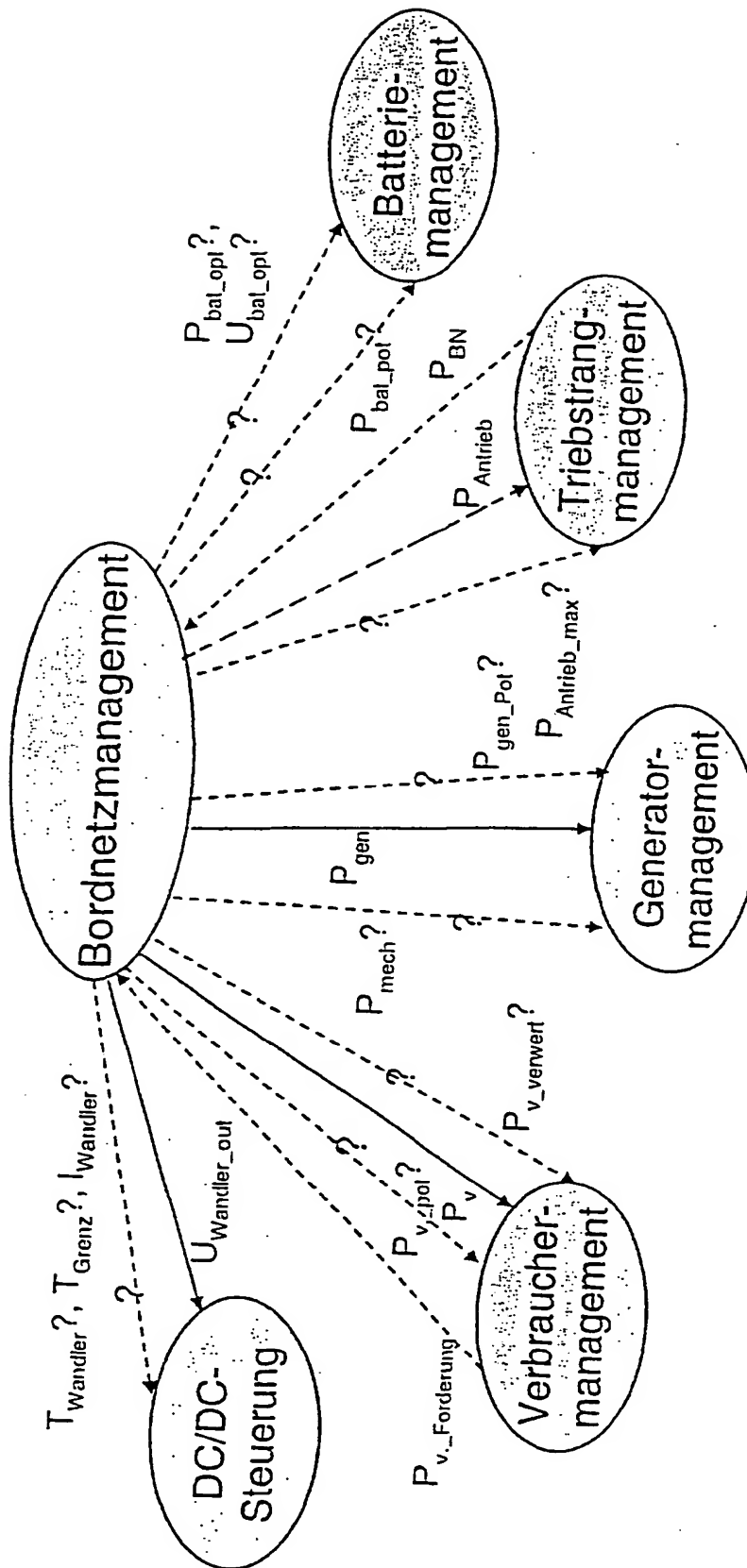


Fig. 5